

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 821 954**

51 Int. Cl.:

G01N 15/06 (2006.01)

B01D 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2016 PCT/EP2016/000611**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2016 WO16165827**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2016 E 16723932 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2020 EP 3283867**

54 Título: **Dispositivo para el recuento de partículas**

30 Prioridad:

16.04.2015 DE 102015004853

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

28.04.2021

73 Titular/es:

**PALAS GMBH PARTIKEL-UND
LASERMESSTECHNIK (100.0%)
Greschbachstrasse 3b
76229 Karlsruhe, DE**

72 Inventor/es:

**MÖLTER, LEANDER y
WEISS, MAXIMILIAN**

74 Agente/Representante:

MIR PLAJA, Mireia

ES 2 821 954 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para el recuento de partículas

5 **[0001]** La invención se refiere a un dispositivo para condensar vapor sobre núcleos de condensación como se define en la reivindicación 1.

10 **[0002]** Se conocen dispositivos del tipo genérico en los que un flujo de gas portador de partículas, es decir, un aerosol que fluye, se pasa a una unidad de evaporación en la que se calienta y evapora un líquido de trabajo, por ejemplo, butanol. Las moléculas vaporizadas del líquido de trabajo se acumulan sobre las partículas a medir, lo que aumenta el diámetro efectivo de las partículas a medir. De esta forma, el flujo de gas se transporta más en la dirección de la salida a la unidad de medición, que detecta las partículas agrandadas, por ejemplo, mediante dispositivos ópticos.

15 **[0003]** En una unidad de condensación, el flujo de gas portador de partículas se enfría con las moléculas del líquido de trabajo. Las partículas del flujo de gas sirven como núcleos de condensación, lo que aumenta aún más su diámetro efectivo y, por lo tanto, simplifica la detección de las partículas 2017007419. Se conoce un dispositivo genérico con una unidad de evaporación ventajosa en particular a partir del documento DE 10 2005 001 992 A1 / EP 1 681 549 A2, cuyo contenido descriptivo también es objeto de la presente descripción. Los documentos
20 relevantes del estado de la técnica también son los siguientes: US6498641, US5026155, US2010/180765 y US2008/137065.

25 **[0004]** Es común en todas las versiones que el flujo de gas que pasa a través del dispositivo esté siempre presente como flujo laminar. Cuando se ve en sección transversal, el flujo de gas fluye en capas imaginarias. Las capas no se mezclan entre sí, por lo que no se producen flujos de remolinos. En todos los diseños genéricos, los elementos calefactores se proporcionan en el exterior radial del canal a través del cual fluye el flujo de gas, de modo que la mayor parte de líquido de trabajo evaporado siempre está presente allí y la concentración cae rápidamente en la dirección radial hacia adentro.

30 **[0005]** La información direccional se describe a continuación mediante un sistema de coordenadas cilíndricas. La dirección axial corresponde al eje longitudinal del dispositivo desde la entrada de aerosol hasta la salida de aerosol. El dispositivo de aerosol suele estar alineado verticalmente, pero no necesariamente, donde la salida queda por encima de la entrada. Una dirección radial es perpendicular a la dirección axial, al igual que una dirección de rotación, que también es perpendicular a la dirección radial.

35 **[0006]** La velocidad de respuesta del contador de partículas dependerá en particular del tiempo necesario para que el flujo de gas se mezcle con el líquido de trabajo vaporizado. Debido al flujo laminar del flujo de gas, por un lado se establece un límite superior para la velocidad de flujo del gas. Por otro lado, un flujo laminar en la sección transversal radial presenta un perfil de velocidad muy variable, en el que la velocidad de flujo es mayor en el centro radial de la sección transversal del flujo y disminuye hacia el exterior radial. Esto significa que hay un bajo caudal de gas precisamente en la zona con la mayor concentración de líquido de trabajo vaporizado, lo que conduce a una mezcla reducida. Esto afecta en gran medida a la velocidad de respuesta del contador de partículas.

45 **[0007]** Por tanto, el objeto de la invención es desarrollar más un dispositivo genérico de tal manera que se eliminen las desventajas mencionadas anteriormente y, en particular, sea posible una velocidad de respuesta más rápida del contador de partículas.

50 **[0008]** El objeto de la invención se logra con un dispositivo de tipo genérico, caracterizado porque desde el canal de alimentación al canal de saturación se proporcionan varios pasos de flujo dispuestos uniformemente sobre el perímetro del canal de alimentación, y están orientados en un ángulo de más de 90° con respecto a la dirección en la que se extiende el canal de alimentación.

55 **[0009]** Un paso alargado que está cerrado en la dirección circunferencial y que tiene preferentemente una sección transversal circular, es decir un contorno cilíndrico, pero que también puede estrecharse, se denomina canal para el flujo de aerosol o gas con partículas. Tampoco se excluye una configuración poligonal. Por el contrario, un canal de líquido abierto en la parte superior para que se evapore el líquido de trabajo se designa como tal (pero con la calificación especial «abierto»).

60 **[0010]** Como resultado del desarrollo adicional según la invención, se genera en particular un flujo de remolino en la unidad de evaporación. Cuando fluye a través de la unidad de evaporación con el líquido de trabajo evaporado ubicado en ella, se forman zonas de remolinos que aceleran en gran medida la mezcla del flujo de gas que transporta las partículas con el líquido de trabajo evaporado. En cuanto al flujo de remolino del flujo de gas, la velocidad de flujo del flujo de gas también puede ser uniforme a través de la sección transversal, ya que el requisito estricto de un flujo de gas laminar ya no es aplicable. La formación de zonas de remolinos aumenta y acelera la

mezcla con el líquido de trabajo evaporado. Al mismo tiempo, no hay pérdida de partículas a causa de precipitación en la pared, ya que debido a que la mezcla aumentada y acelerada del flujo de gas con el líquido de trabajo, el perfil de velocidad del flujo de gas se nivela y, por lo tanto, el periodo de permanencia de todas las partículas en la unidad de evaporación y condensación es en gran medida el mismo. De esta manera aumenta la velocidad de respuesta del contador de partículas.

[0011] Es esencial que el dispositivo según la invención tenga una estructura compacta y una superficie base que ahorre espacio y, en particular, presente un volumen total pequeño. Entonces, la proporción de mezcla entre el líquido de evaporación y la temperatura superior se pueden cambiar rápidamente. Como resultado, el límite de detección inferior dependiente de la temperatura del corte del flujo de partículas en el que se deposita el líquido de evaporación (evaporado) se puede cambiar con la misma rapidez. De esta manera se pueden determinar funciones de tamaño de partícula de manera óptima como núcleo de condensación de la partícula en el flujo de partículas.

[0012] El límite de detección inferior según ISO 15900 e ISO 27891 se puede establecer muy rápidamente en el intervalo de los minutos, en particular en el intervalo de menos de tres minutos, con tiempos de medición de hasta varias horas. El diámetro de corte se puede establecer preferentemente para las dimensiones de las partículas a 7 nm para mediciones ambientales, a 23 nm para mediciones de humo diésel según la directriz europea PMP y para aplicaciones en salas blancas a 30 nm, 50 nm y/o, p. ej., a 70 nm. Esto permite que las temperaturas o la diferencia de temperatura entre el elemento de evaporación y el elemento de condensación se establezcan rápidamente.

[0013] Esto se consigue en particular mediante una configuración rotacionalmente simétrica del dispositivo con canales dispuestos concéntricamente. El canal de alimentación vertical está dispuesto en el centro y es tubular. Desde su extremo superior, una pluralidad de pasos de flujo se extiende oblicuamente hacia atrás hacia abajo en un ángulo α de más de 90° , distribuidos uniformemente sobre el perímetro del canal de alimentación hasta las zonas de entrada inferiores del canal de saturación.

[0014] La sección transversal y en particular también la sección transversal total de los pasos de flujo es menor que la sección transversal del canal de alimentación. preferentemente de tres a ocho, en particular cuatro, pasos de flujo están provistos con la misma separación angular entre sí. El canal de alimentación y los pasos de flujo son preferentemente cilíndricos, es decir, con secciones transversales circulares. Por el contrario, el canal de saturación predeterminado concéntricamente tiene la forma de una camisa de cilindro, es decir, un canal anular.

[0015] En consecuencia, el flujo de partículas cambia del canal de alimentación a los pasos de flujo por un lado y de los pasos de flujo al canal de saturación por otro lado, la dirección del flujo cambia en un ángulo $\alpha = \beta$ de más de 90° . Las direcciones de flujo del flujo de partículas en el canal de alimentación y el canal de saturación son paralelas. De esta forma se consigue una configuración extremadamente compacta del dispositivo. De esta manera, se logra una muy buena mezcla a través de un flujo de remolino suave y bajas pérdidas de difusión, en particular de partículas pequeñas <5 nm.

[0016] El canal de saturación se estrecha hasta un punto en su zona corriente adelante verticalmente superior y estrecha el canal anular de nuevo en un canal de condensación cilíndrico que sigue corriente adelante, que está alineado con el canal de alimentación. Por tanto, los ejes del canal de alimentación y del canal de condensación coinciden. La salida para el flujo de partículas se estrecha aún más.

[0017] Los flujos de volumen de los contadores de partículas de condensación adecuados son normalmente de alrededor de 1 l/min. Finalmente, la configuración concéntrica descrita del dispositivo según la invención permite que el dispositivo correspondiente se adapte ligeramente (calibrado) a las mediciones deseadas del paso del flujo de partículas, preferentemente hasta 3 l/min, pero en particular para mediciones en sala limpia hasta 10 l/min.

[0018] Las medidas habituales de un dispositivo con un caudal de partículas de aproximadamente 3 l/min son las siguientes: La altura de la base es de 180-240 mm, el diámetro de la entrada de 5-6 mm, su longitud de 40-60 mm, el diámetro de los pasos de flujo de 1-2 mm, la longitud de 15-20 mm, el diámetro interior del canal de saturación de 10-15 mm, su diámetro exterior a 35-45 mm y, por lo tanto, el grosor del paso anular del canal de saturación de 10-15 mm, la longitud axialmente paralela del canal de saturación de 35-45 mm, la longitud de esta zona disminuyendo hacia el estrechamiento en el canal de condensación de 20-30 mm, la longitud del canal de condensación en la zona ancha de 30-40 mm y el diámetro de allí de 10-15 mm, la longitud de la zona de estrechamiento de 15-20 mm y el diámetro de la salida de partículas de 4-6 mm.

[0019] Preferentemente, se prevé que el al menos un paso de flujo presente un componente direccional opuesto a la dirección de extensión del canal de alimentación. La desviación del flujo de aerosol provocada por esto promueve la formación de flujos de remolinos en la unidad de evaporación. Esto también brinda la posibilidad de una construcción que ahorre espacio, ya que el retorno (parcial) del flujo de gas significa que el dispositivo puede presentar una longitud axial inferior. Esto es en particular cierto cuando el paso de flujo está orientado

preferentemente en un ángulo de hasta 180° con respecto a la dirección de extensión del canal de alimentación.

5 **[0020]** Se puede prever que el diámetro de flujo radial del paso de flujo sea menor que el diámetro de flujo del canal de alimentación y/o del canal de saturación, donde en particular de tal manera también se determinan las secciones transversales. La velocidad de flujo de un flujo aumenta con la disminución de la sección transversal radial, lo que favorece la formación de flujos de remolinos. Esto también aumenta la velocidad de respuesta del contador de partículas.

10 **[0021]** El al menos un paso de flujo en la unidad de evaporación se puede diseñar preferentemente como un orificio en un cuerpo de guía. Esto significa un diseño estructural simple del paso de flujo. Lo que más preferentemente se prevé es que el canal de alimentación penetre al menos parcialmente el cuerpo de guía, que en particular discurre coaxialmente. De esta manera, al menos partes del canal de alimentación, así como el paso de flujo en el cuerpo de guía se pueden realizar estructuralmente, lo que no solo es estructuralmente simple, por ejemplo, a través de orificios, sino que también representa una estructura que ahorra espacio.

15 **[0022]** La unidad de evaporación puede presentar una entrada superior y una salida inferior para suministrar y retirar el líquido de trabajo, donde la entrada se dispone verticalmente sobre la salida. Esto permite que el líquido de trabajo se mueva hacia abajo debido a la gravedad después de entrar en el interior de la unidad de evaporación y así se mueva en particular en contacto constante con el espacio de flujo del aerosol en la dirección de la salida. Otra ventaja de esta realización resulta del hecho de que la dirección de flujo principal del líquido de trabajo está dirigida contra el flujo de gas y así se logra una mejor mezcla. En esta configuración, la salida de líquido está ubicada en las proximidades del fondo de la unidad de evaporación en su lado inferior axial. Esto asegura que la parte no evaporada del líquido de trabajo no permanezca en la unidad de evaporación, sino que en su lugar pueda ser descargada y devuelta al fondo de la unidad a través de la salida.

20 **[0023]** El líquido de trabajo se alimenta preferentemente a la entrada de la unidad de evaporación por medio de una bomba, en particular una bomba de membrana, desde un recipiente de almacenamiento a través de conductos como mangueras y de la misma manera se transporta desde la salida también por medio de una bomba, como una bomba de membrana, al recipiente de almacenamiento. La unidad de evaporación en sí está diseñada preferentemente como una hélice concéntrica al espacio de flujo de partículas y diseñada con este canal en contacto con el fluido, como se describe en detalle en el documento EP 1 681 549 A2 y, como ya se ha mencionado, forma parte integral del contenido de la descripción de la presente descripción.

25 **[0024]** Las configuraciones ventajosas prevén que el canal de saturación de la unidad de evaporación sea un canal anular configurado en forma de camisa, donde el canal de saturación está delimitado radialmente hacia adentro por el cuerpo de guía y radialmente hacia afuera por la pared interna de la unidad de evaporación. Debido a esta configuración, el flujo de gas fluye radialmente fuera del centro de la unidad de evaporación. Por un lado, esto también mejora el contacto en el líquido de trabajo vaporizado y por lo tanto sirve para aumentar la mezcla. La superficie circunferencial exterior que lleva el dispositivo de evaporación también aumenta con la misma sección transversal del flujo, por lo que la superficie de contacto aumenta. Para una configuración preferida de la unidad de evaporación, se hace referencia nuevamente al documento DE 10 2005 001 992 A1 / EP 1 681 549 A2.

30 **[0025]** Realizaciones ventajosas de la invención prevén que el canal de saturación presente una temperatura homogénea para el líquido de trabajo butanol comprendida entre 28 °C y 40 °C y para el líquido de trabajo agua comprendida entre 45 °C y 60 °C. Esta temperatura puede adaptarse a las propiedades de evaporación del líquido de trabajo, donde la homogeneidad de la temperatura dentro del elemento de evaporación evita un gradiente de concentración excesivo del líquido de trabajo evaporado, por ejemplo, debido a movimientos de convección. Además, la temperatura homogénea del elemento de evaporación promueve la mezcla del líquido de trabajo con el flujo de gas.

35 **[0026]** Preferentemente se puede prever una unidad de condensación con un canal de condensación, donde en particular el canal de condensación se enfría mediante un dispositivo de refrigeración. La temperatura del canal de condensación puede presentar de la manera más preferente una temperatura homogénea comprendida entre 5 °C y 25 °C para el líquido de trabajo butanol y comprendida entre 15 °C y 30 °C para el líquido de trabajo agua. En particular, en combinación con la zona calentada de la unidad de evaporación, se enfría el flujo de gas que fluye a través del canal de condensación, que además de las partículas también presenta moléculas evaporadas del líquido de trabajo. Esto conduce a una condensación de las moléculas vaporizadas del líquido de trabajo, donde las partículas del flujo de gas sirven como núcleos de condensación de condensación heterogénea y llevan a una condensación más rápida. Como resultado, aumenta el diámetro efectivo de las partículas, lo que simplifica su detectabilidad por la unidad de medición.

40 **[0027]** Se puede proporcionar una primera unidad de boquilla axialmente entre la unidad de evaporación y la unidad de condensación, donde la abertura de entrada de la primera unidad de boquilla se corresponde con el canal de saturación de la unidad de evaporación y la abertura de salida de la primera unidad de boquilla es coaxial

a ella. Esta configuración estructural convierte el canal de saturación en forma de camisa en un canal coaxial, que desemboca en el canal de condensación de la unidad de condensación después de la abertura de salida de la primera unidad de boquilla. La fusión radial del canal de saturación permite que las partículas del flujo de gas se mezclen adicionalmente con las moléculas vaporizadas del líquido de trabajo. Además, un flujo de aerosol centrado radialmente guiado a través de un canal cilíndrico tiene una mayor independencia con respecto a las fluctuaciones de temperatura en la pared exterior del dispositivo.

[0028] El plano transversal de la abertura de salida de la primera unidad de boquilla puede ser preferentemente menor que el plano transversal de la abertura de entrada de la primera unidad de boquilla. Como resultado del estrechamiento asociado de la sección transversal, aumenta la velocidad de flujo del flujo de gas, lo que también favorece la mezcla entre las partículas y el líquido de trabajo.

[0029] Se puede proporcionar una segunda unidad de boquilla axialmente entre la unidad de condensación y la salida, donde el plano transversal de la abertura de salida de la segunda unidad de boquilla es menor que el plano transversal de la abertura de entrada de la segunda unidad de boquilla. Como resultado, la velocidad del flujo de gas aumenta de nuevo por el estrechamiento transversal de la segunda unidad de boquilla, por lo que el flujo de gas puede fluir fuera del dispositivo más rápidamente y puede ser alimentado al dispositivo de medición conectado a él.

[0030] De la manera más preferente, un dispositivo de medición de partículas puede presentar un dispositivo según la invención, de modo que la velocidad de respuesta del dispositivo de medición de partículas aumente debido a la naturaleza del dispositivo según la invención.

[0031] Otras ventajas y características de la invención son el resultado de las reivindicaciones y de la siguiente descripción, en la que una realización ejemplar de la invención se explica en detalle con referencia al dibujo. Se muestra:

la figura 1 muestra una sección esquemática a través de un dispositivo según la invención; y

la figura 2 muestra una sección transversal de la estructura mostrada en la figura 1 a la altura axial de un eje de corte A.

[0032] La figura 1 muestra en sección un dispositivo 10 según la invención para condensar, que puede formar parte de un contador de partículas (no mostrado) que, además del dispositivo 10, presenta una unidad de medición (no mostrada). En particular, el dispositivo 10 puede ir seguido de un contador de partículas que detecta pequeñas partículas de un aerosol que actúan como núcleos de condensación.

[0033] El dispositivo 10 presenta una entrada 11, una unidad de conexión 12, una unidad de evaporación 13, una primera unidad de boquilla 14, una unidad de condensación 15, una segunda unidad de boquilla 16 y una salida 17 para el flujo de partículas.

[0034] La información direccional se describe a continuación en un sistema de coordenadas cilíndrico, cuya dirección axial corresponde al eje longitudinal L del dispositivo 10 esencialmente simétrico cilíndrico. La dirección axial es la dirección en la que el eje longitudinal L se extiende desde la entrada 11 hasta la salida 17. En la figura 1, la dirección axial está indicada por una flecha en el extremo superior del eje longitudinal L. La extensión radial es perpendicular al eje longitudinal L y la extensión circunferencial es perpendicular a ambas direcciones ya mencionadas. El eje longitudinal L suele ser perpendicular.

[0035] La unidad de conexión 12 cierra el dispositivo 10 en dirección axial hacia abajo. La entrada 11 del saturador 13 está configurada coaxialmente al eje longitudinal L en la unidad de conexión 12 y desemboca en un canal de alimentación 18 que está configurado como un taladro coaxial en la unidad de conexión 12.

[0036] La unidad de conexión 12 está conectada a la unidad de evaporación 13. En la cara frontal axial superior, la unidad de conexión 12 presenta un cuerpo de guía coaxial 19 que se proyecta coaxialmente en la dirección del eje longitudinal L hacia el interior de la unidad de evaporación 13. El canal de alimentación 18 discurre coaxialmente a través del cuerpo de guía 19, cuya dimensión radial corresponde aproximadamente al doble del diámetro de la sección transversal del canal de alimentación 18. El canal de alimentación 18 sobresale dentro del cuerpo de guía 19 hasta aproximadamente un tercio de la longitud axial del mismo. Esta zona representa una zona de conexión 34 del cuerpo de guía 19. La zona restante del cuerpo de guía 19 hasta su extremo axialmente superior se denomina zona de deflexión 20.

[0037] A través de los orificios de los cilindros en el cuerpo de guía 19, están diseñados cuatro pasos de flujo 24 separados entre sí en la dirección circunferencial y cada uno con la misma distancia radial al eje longitudinal L, distribuidos en la dirección circunferencial. Estos se extienden en la presente invención en cada caso con un

- componente de extensión coaxial alargado con respecto a la dirección del eje longitudinal L en un ángulo de aproximadamente 150° y están dirigidos radialmente hacia afuera y axialmente (opuestos a la dirección del eje longitudinal L) hacia abajo. Los extremos de los pasos de flujo 24 apuntan hacia una base 25 en el lado inferior axial de la unidad de evaporación 13. En lugar de los cuatro pasos de flujo 24, es concebible cualquier número de pasos de flujo 24. Los pasos de flujo 24 desembocan en un canal de saturación 31 en forma de camisa cilíndrica que rodea coaxialmente el cuerpo de guía 19 y está rodeado radialmente hacia fuera por una pared interior 26 de la unidad de evaporación 13 y corriente adelante por la pared de la primera unidad de boquilla 14, que está dispuesta a una distancia radial del cuerpo de guía 19.
- 5
- 10 **[0038]** El lado axial superior de la región de desviación 20 del cuerpo de guía 19 tiene forma cónica aguda. La pared de la primera unidad de boquilla 14 sucede a la zona de deflexión cónica 20 a una distancia radial. El canal de saturación 31 en forma de anillo se fusiona así primero a través de la punta de la zona de deflexión 20 en un canal de condensación cilíndrico 33 en la unidad de condensación 15. El canal de condensación 33 conecta con la salida 17 extendida en sección transversal en la segunda unidad de boquilla 16.
- 15
- 20 **[0039]** En el interior radial de la pared interior 26 de la unidad de evaporación 13, se proporciona una parte de evaporación 28 en toda la circunferencia de esta. Esta tiene un elemento calefactor. La unidad de evaporación solo se muestra de forma muy esquemática. La parte de evaporación 28 se diseña preferentemente con un canal de líquido helicoidal abierto hacia arriba para recibir el líquido a evaporar, como se describe en DE 10 2005 001 992 A1 / EP 1 681 549 A2, cuya descripción se realiza completamente en el contenido de la descripción de la presente descripción. En principio, la parte de evaporación 28 se puede diseñar de una manera distinta conocida a partir del estado de la técnica, en particular como se describe como estado de la técnica en las publicaciones citadas o en los procedimientos de las publicaciones allí citadas.
- 25
- 30 **[0040]** Una entrada 30 está situada axialmente por encima de la parte de evaporación 28 y una salida 27 axialmente por debajo de ella para el líquido a evaporar. A la altura axial de la base 25, la pared interior radial 26 de la unidad de evaporación 13 está perforada por una salida 27 que conduce radialmente hacia fuera. La salida 27 está configurada como un orificio cilíndrico en el lado izquierdo de la sección de la unidad de evaporación 13 mostrada en la figura 1. Tanto la entrada 30 como la salida 27 están ubicadas en el mismo punto de la circunferencia. Tanto la entrada 30 como la salida 27 forman parte de un circuito de bombeo para el transporte del líquido de trabajo a evaporar, que no se muestra aquí en detalle (a este respecto, también se hace referencia al documento DE 10 2005 001 992 A1 / EP 1681 549 A2).
- 35
- 40 **[0041]** El canal de saturación en forma de camisa 31 está formado por el espacio intermedio radial entre la parte de evaporación 28, la salida 27 y la entrada 30 por un lado y el cuerpo de guía 19 dispuesto coaxialmente en el interior por el otro. El canal de saturación 31 está delimitado radialmente hacia dentro por la pared interior del cuerpo de guía 19 y radialmente hacia fuera por una pared interior 29 de la unidad de evaporación 13 y la parte de evaporación 28. La sección transversal radial del canal de saturación 31 es mayor que la sección transversal radial de los pasos de flujo 24 y del canal de suministro 18.
- 45
- 50 **[0042]** Con el líquido de trabajo butanol utilizado, el canal de saturación 31 se calienta homogéneamente a una temperatura entre 28 °C y 40 °C por medio de la parte de evaporación 28.
- 55
- 60 **[0043]** Como ya se ha mencionado, el canal de saturación 31 desemboca en dirección axial en el extremo superior de la unidad de evaporación 13 en el canal de la primera unidad de boquilla 14. La primera unidad de boquilla 14 está conectada a la unidad de evaporación 13. El canal de saturación 31 en la zona de la primera unidad de boquilla 14, además de su extensión básicamente axial, apunta radialmente hacia adentro, de modo que el canal cuenta con una sección transversal circular en la abertura de salida 32 de la primera unidad de boquilla 14 y la unidad de condensación 15 pasa a través de una abertura de salida de la primera unidad de boquilla 14 en el canal de condensación coaxial cilíndrico 33.
- [0044]** El canal de condensación 33 de la unidad de condensación 15 se puede enfriar a una temperatura homogénea entre 5 °C y 25 °C mediante elementos refrigerantes (no mostrados). La sección transversal radial del canal de condensación 32 es constante en la zona de la unidad de condensación 15.
- [0045]** A la unidad de condensación 15 le sigue la segunda unidad de boquilla 16, cuyo canal centrado axialmente presenta una sección transversal radial que se estrecha axialmente hacia arriba y que finalmente conduce a la salida 17 del dispositivo 10.
- [0046]** La entrada 30 del líquido de evaporación al elemento de evaporación sirve para suministrar el líquido de trabajo a evaporar, como el butanol. El líquido de trabajo es inicialmente líquido y se suministra a la unidad de evaporación 13 a través de la entrada 30 en su lado superior axial. El líquido de trabajo llega entonces a la zona de la parte de evaporación 28 y fluye a través de esta o a lo largo de la misma en la parte de evaporación 28 (según la configuración) debido a la fuerza de gravedad hacia abajo. Como resultado del efecto de la temperatura del

elemento calefactor, el líquido de trabajo se evapora, de modo que al menos una parte del líquido de trabajo alcanza la zona del canal de saturación 31 en la fase gaseosa. Una parte no evaporada del líquido de trabajo fluye vertical o axialmente más hacia abajo hasta que alcanza el fondo 25 de la unidad de evaporación 13, donde la salida 27 para el líquido de evaporación no evaporado devuelve la parte no evaporada del líquido de trabajo al circuito de bombeo y añade una parte líquida correspondiente a la parte evaporada. Esto evita que la parte no evaporada del líquido de trabajo permanezca en el fondo 25 de la unidad de evaporación 13.

[0047] La figura 2 muestra una sección a través de un eje A de la figura 1 en el nivel axial de la zona de conexión 34 del cuerpo de guía 19. Desde allí se pueden ver los cuatro pasos de flujo 24 dispuestos circunferencialmente. Los pasos de flujo 24 están separados espacialmente entre sí. Entre los pasos de flujo 24, dispuesta radialmente entre los pasos de flujo 24 y el canal de alimentación 18, se encuentra la zona de conexión 34 del cuerpo guía 19 y radialmente entre los pasos de flujo 24 y el canal de saturación 31 la zona de deflexión 20 del cuerpo guía 19 en el plano de sección mostrado en la figura 2. Además del canal de saturación 31 en forma de camisa cilíndrica, en la figura 2 también se puede ver la configuración en forma de camisa cilíndrica de la parte de evaporación 28.

[0048] La forma de la sección transversal de los pasos de flujo 24 mostrados en la figura 2 es ligeramente elíptica, pero también son concebibles otras configuraciones, como una sección transversal poligonal o una sección transversal que varíe en la dirección de extensión.

[0049] El procedimiento del dispositivo 10 según la invención que utiliza un flujo de gas que transporta partículas se ilustra a continuación. Las partículas pueden estar presentes con un diámetro de hasta 1 nm, pero en particular como nanopartículas, es decir, presentar una dimensión espacial de aproximadamente 1 a 100 nm. Un flujo de gas que contiene las partículas, es decir, un aerosol, se introduce en el canal de alimentación 18 a través de la entrada 11 en el lado inferior axial del dispositivo 10 y fluye en la dirección de extensión del eje longitudinal L, en la presente invención axialmente hacia arriba. Al final del canal de alimentación 18, el flujo choca contra el cuerpo guía 19 en la unidad de evaporación 13 y se dirige a los cuatro pasos de flujo 24 como resultado de la presión del flujo. Como resultado de la configuración descrita de los pasos de flujo 24, en particular en relación con el canal de alimentación 18, la dirección de flujo del flujo de gas cambia en un ángulo de más de 90°, en la presente invención 150°.

[0050] En el extremo respectivo de los pasos de flujo 24, el flujo de aerosol se desvía de nuevo en más de 90° (en la presente invención en un ángulo de 150°) y alcanza el canal de saturación 31. A más tardar aquí, el flujo ya no es un flujo laminar (como dado el caso también en el canal de alimentación 18) debido al considerable doble cambio de dirección, sino un flujo turbulento que, sin embargo, no es muy pronunciado y se puede denominar flujos de remolino «suave».

[0051] Un flujo laminar de un fluido está caracterizado en el sentido de la invención porque el fluido (en la presente invención gas o aerosol) se mueve en capas imaginarias sin que las capas se mezclen entre sí. Un flujo turbulento, por otro lado, presenta remolinos denominados flujos de remolinos y, por lo tanto, incluye zonas de flujo que no se dirigen paralelas al movimiento principal o la dirección del flujo, donde también se produce una ruptura de las líneas de flujo. En particular, un fluido que fluye de manera turbulenta presenta una parte no insignificante de direcciones de flujo no a lo largo de la dirección de flujo.

[0052] Como ya se ha descrito, las moléculas del líquido de trabajo están en fase gaseosa en el canal de saturación 31. El flujo de gas turbulento se mueve axialmente hacia arriba en el canal de saturación 31 con una dirección principal de movimiento y se mezcla con la parte gaseosa del líquido de trabajo como resultado de los flujos de remolinos. Como resultado de los flujos de remolinos del flujo de gas, el grado y la velocidad de la mezcla con el líquido de trabajo aumentan considerablemente en comparación con un flujo laminar.

[0053] Además, en la dirección del flujo axialmente hacia arriba, el canal de saturación 31 desemboca en el canal de la primera unidad de boquilla 14. El canal de la primera unidad de boquilla 14 está diseñado de tal manera que presenta un componente dirigido al eje longitudinal L radialmente hacia adentro, de modo que el canal de la primera unidad de boquilla 14 se fusiona con el canal de condensación coaxial cilíndrico 33 de la unidad de condensación 15 en la zona de la abertura de salida 32.

[0054] El canal de condensación 33 se enfría a una temperatura entre 5 °C y 25 °C mediante elementos refrigerantes (no mostrados) de la unidad de condensación 15. Esto conduce a una condensación de las moléculas vaporizadas del líquido de trabajo. Las partículas en el flujo de gas sirven como núcleos de condensación. Como resultado de la condensación, las moléculas del líquido de trabajo se adhieren a las partículas en el flujo de gas y aumentan el diámetro espacial efectivo. Como ya se ha mencionado, el flujo ya enfriado pasa a través de la salida de la unidad de condensación 15 hacia la segunda unidad de boquilla 16, cuya sección transversal radial se estrecha hacia arriba en la dirección axial, de modo que la velocidad del flujo de gas aumenta hasta que el flujo de gas se alimenta a través de la salida 17 del dispositivo 10 al dispositivo de medición conectado (no mostrado).

[0055] El perfil de velocidad del flujo da como resultado una mezcla ampliamente uniforme con la parte vaporizada

del líquido de trabajo. La condensación aumenta la dimensión espacial efectiva de las partículas del flujo. Este cambio de tamaño es fundamental para la posterior detectabilidad de las partículas. Como resultado de los flujos de remolinos del flujo de gas, este cambio de tamaño mejora considerablemente en comparación con un flujo laminar, como ya se ha mencionado.

5

[0056] El límite inferior de detección del diámetro de una partícula a detectar está influenciado, entre otras cosas, por la diferencia de temperatura entre las temperaturas del elemento de evaporación 13 y el elemento de condensación 15. Con una diferencia de temperatura máxima de aprox. 35 °C entre la zona de evaporación y la zona de condensación, se pueden detectar partículas con un diámetro de 4 nm o más, donde en particular también se puede configurar la detección de diámetros de partículas de, p. ej., 7 nm, 23 nm, etc., en particular comprendidos entre 23 y 30 nm. Como resultado de mayores diferencias de temperatura entre la unidad de evaporación y condensación, el diámetro detectable de las partículas debido a la condensación es menor que en el caso de pequeñas diferencias de temperatura.

10

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo para condensar vapor sobre núcleos de condensación, en particular para un contador de partículas, con una entrada (11) a través de la cual un flujo de gas que transporta partículas como núcleos de condensación llega a un canal de alimentación (18), un canal de saturación (31), una unidad de evaporación que se extiende al menos en parte de su longitud (13), en la que se puede evaporar un líquido de trabajo en el canal de saturación (31) y una salida (17) que conduce a una unidad de medición, **caracterizada porque** varios pasos de flujo (24) están distribuidos uniformemente sobre la circunferencia del canal de alimentación (18) desde el canal de alimentación (18) hacia el canal de saturación (31), y están orientados con respecto a la dirección de extensión del canal de alimentación (18) en un ángulo α de más de 90°.
- 10 2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el canal de alimentación (18) y el canal de saturación (31) están dispuestos concéntricamente entre sí.
- 15 3. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** el canal de saturación (31) de la unidad de evaporación (13) está configurado en forma de camisa como canal anular, donde el canal de saturación (31) está limitado radialmente hacia adentro por medio del cuerpo de guía (19) y radialmente hacia fuera por medio de la pared interior (29) de la unidad de evaporación (13).
- 20 4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el al menos un paso de flujo (24) presenta un ángulo β de más de 90° en la dirección del flujo hacia el canal de saturación (31).
- 25 5. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** entre tres y ocho, preferentemente cuatro, pasos de flujo (24) están dispuestos uniformemente distribuidos en la circunferencia del canal de alimentación (18).
- 30 6. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el al menos un paso de flujo (24) presenta un componente direccional opuesto a la dirección de extensión del canal de alimentación (18).
- 35 7. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el al menos un paso de flujo (24) está orientado en particular en un ángulo de hasta 180° con respecto a la dirección de extensión del canal de alimentación (18).
- 40 8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el diámetro de flujo radial del al menos un paso de flujo (24), en particular también el diámetro total de los pasos de flujo (24), es menor que el diámetro de flujo del canal de alimentación (18) y/o el canal de saturación (31).
- 45 9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el al menos un paso de flujo (24) en la unidad de evaporación (13) está configurado como un orificio en un cuerpo de guía (19), donde en particular el cuerpo de guía (19) está atravesado al menos parcialmente por el canal de alimentación (18).
- 50 10. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la unidad de evaporación (13) presenta una entrada superior (30) y una salida inferior (27) para suministrar y extraer el líquido de trabajo, donde la entrada (30) está dispuesta axialmente por encima de la salida (27).
- 55 11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el canal de saturación (31) presenta una temperatura homogénea entre 28 °C y 40 °C para el butanol como líquido de trabajo, y una temperatura entre 45 °C y 60 °C para el agua como líquido de trabajo.
- 60 12. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se prevé una unidad de condensación (15) con un canal de condensación (33), donde en particular el canal de condensación (33) se enfría por medio de un dispositivo de refrigeración, donde en particular el canal de condensación (33) con butanol como líquido de trabajo presenta una temperatura homogénea entre 5 °C y 25 °C y con agua como líquido de trabajo presenta una temperatura entre 15 °C y 30 °C.
13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** entre la unidad de evaporación (13) y la unidad de condensación (15) se prevé axialmente una primera unidad de boquilla (14), donde una abertura de entrada de la primera unidad de boquilla (14) se corresponde con un extremo de salida del canal de saturación (31) de la unidad de evaporación (13) y una abertura de salida de la primera unidad de boquilla (14) es coaxial a este, donde en particular el plano transversal de la salida de la primera unidad de boquilla (14) es menor que el plano transversal de la abertura de entrada de la primera unidad de boquilla (14).

- 5
14. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se prevé una segunda unidad de boquilla (16) axialmente entre la unidad de condensación (15) y la salida (17), donde el plano transversal de la abertura de salida de la segunda unidad de boquilla (16) es menor que el plano transversal de la abertura de entrada de la segunda unidad de boquilla (16).
 15. Dispositivo de medición de partículas con un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.



